



Universidade Federal da Bahia
Escola Politécnica
Colegiado do Curso de Eng. de Controle e
Automação



Lara Pinheiro Silva de Sousa

**OTIMIZAÇÃO DE PROCEDIMENTO
OPERACIONAL DE ENTRADAS MANUAIS
PARA INTEGRAÇÃO COM SISTEMA DE
GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE
ENERGIA DE UMA PLANTA PETROQUÍMICA**

Orientador(a): Prof. MSc. Ruy Carvalho Barros

Salvador-Ba – Brasil
08 de Novembro de 2023

Lara Pinheiro Silva de Sousa

**OTIMIZAÇÃO DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL
DE ENTRADAS MANUAIS PARA INTEGRAÇÃO COM
SISTEMA DE GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE
ENERGIA DE UMA PLANTA PETROQUÍMICA**

Projeto apresentado ao Curso de Graduação
em Engenharia de Controle e Automação da
Universidade Federal da Bahia como parte
dos requisitos para a obtenção do grau de
Engenheira(o) de Controle e Automação

Orientador(a): Prof. MSc. Ruy Carvalho Barros

Salvador-Ba – Brasil

08 de Novembro de 2023

Lara Pinheiro Silva de Sousa

OTIMIZAÇÃO DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE ENTRADAS MANUAIS PARA INTEGRAÇÃO COM SISTEMA DE GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE ENERGIA DE UMA PLANTA PETROQUÍMICA

Projeto apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheira(o) de Controle e Automação

Trabalho aprovado. Salvador-Ba – Brasil, 08 de Novembro de 2023:

Orientador(a): Prof. MSc. Ruy Carvalho Barros

Prof. Dr. Daniel Diniz Santana

Eng^a Cíntia Leal Carneiro Sampaio

Salvador-Ba – Brasil
08 de Novembro de 2023

Agradecimentos

Agradeço à minha família e aos meus amigos, pois me deram todo suporte para que eu chegasse até aqui.

Agradeço aos professores e à UFBA, por serem responsáveis por transformar vidas, inclusive a minha. Agradeço aos meus colegas de profissão que me ensinaram na prática como ser uma engenheira, antes mesmo de receber o meu diploma.

Sou grata à Deus por cuidar de todo o percurso para mim.

Às engenheiras que vieram antes da minha geração, obrigada pelo espaço conquistado.

Por fim, agradeço à mim, por não desistir.

Resumo

Apesar da crescente digitalização das informações, muitos dos apontamentos atuais ainda são manuais, seja por conta do custo envolvido para integração ou pela própria característica da informação desejada. O sistema de entradas manuais, tema desse trabalho, é parte fundamental para diversos sistemas de gestão, fazendo parte fechamento de balanço, acompanhamento da Engenharia de Produção/Processo bem como do sistema de otimização de energia em tempo real (ERTO) da planta em que foi implementado. Dos resultados obtidos nesse projeto encontram-se: maior confiabilidade e otimização da rotina operacional; armazenamento otimizado dos dados históricos no IP21/PIMS; possibilidade de inferência e atualização automática dos status dos equipamentos; maior ergonomia para a operação; não há mais problemas com conexão de rede corporativa; as alterações estão restritas aos operadores e à área de Automação; e é possível modificar o valor de qualquer variável, de modo individual (por equipamento), sempre que necessário.

Palavras-chave: Digitalização, Otimização, Automação.

Abstract

Despite the increasing digitalization of information, many of the current notes are still manual, either due to the cost involved in integration or the characteristics of the desired information. The manual input system, the subject of this work, is a fundamental part of several management systems, including balance sheet closing, monitoring of Production/Process Engineering as well as the real-time energy optimization system (ERTO) of the plant in which has been implemented. The results obtained in this project include: greater reliability and optimization of the operational routine; optimized storage of historical data in IP21/PIMS; possibility of inference and automatic updating of equipment status; greater ergonomics for operation; no more problems with corporate network connection; changes are restricted to operators and the Automation area; and it is possible to modify the value of any variable, individually (per equipment), whenever necessary.

Keywords: Digitalization, Optimization, Automation.

Lista de ilustrações

Fig. 1 – Pirâmide da Automação	27
Fig. 2 – <i>Faceplate</i> de 5 botões	32
Fig. 3 – Estrutura do bloco SFC	32
Fig. 4 – Estrutura Vetorial da lógica SFC	34
Fig. 5 – Arquitetura Simplificada do sistema	37
Fig. 6 – Fluxograma de Implementação no SDCD	38
Fig. 7 – Tela de "Help" das entradas manuais	39
Fig. 8 – <i>Faceplates</i> de seleção dos status	39
Fig. 9 – Tela de status para o ERTO no SDCD	45

Lista de abreviaturas e siglas

CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	Controle Numérico Computadorizado
CPU	<i>Central Process Unit</i>
DAS	<i>Data Acquisition Systems</i>
DDE	<i>Dynamic Data Exchange</i>
ERTO	<i>Energy Real-Time Optimization</i>
FCS	<i>Field Control Station</i>
HIS	<i>Human Interface Station</i>
IHM	Interface Homem-Máquina
I/O	<i>Input/Output</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LIMS	<i>Laboratory Information Management System</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
OPC	<i>OLE for Control Process</i>
OPC UA	<i>OPC Unified Architecture</i>
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i>
PIMS	<i>Plant Information Management System</i>
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Descrição do Processo	17
1.2	Justificativa	18
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivos Específicos	19
1.4	Estrutura do Trabalho	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	Elementos de Campo	21
2.1.1	Sensores e Transdutores	21
2.1.2	Bombas industriais turbinadas e motorizadas	22
2.2	Sistemas de Controle e Otimizadores	23
2.2.1	SDCD	23
2.2.2	Otimizadores	23
2.3	<i>Plant Information Management System</i>	24
2.4	OPC	25
2.5	Pirâmide da Automação	26
3	METODOLOGIA	29
3.1	Avaliação dos recursos e limitações existentes	29
3.2	Levantamento das variáveis e regiões de operação dos equipamentos	31
3.3	Elaboração de estrutura lógica da aplicação	31
3.4	Disponibilização das informações no PIMS e leitura do ERT0 via OPC	35
4	RESULTADOS	37
4.1	Implementação da aplicação no SDCD e PIMS	38
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE A – RESULTADOS	45
A.1	Tela de entradas manuais de status para o ERT0 no SDCD	45

1 INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar que um marco para o início da Automação foi a criação da máquina a vapor no século XVIII, durante a 1ª Revolução Industrial. Nos anos seguintes, as indústrias passaram por transformações, adotando novas fontes de energia e avanços tecnológicos. Dispositivos mecânicos, como os relés, desempenharam um papel fundamental ao possibilitar a criação de circuitos lógicos mais complexos. Isso impulsionou o avanço industrial nos EUA e Europa durante a 2ª Revolução Industrial, resultando em um aumento significativo na produtividade das indústrias. Outro marco importante na história da automação foi no início do século XX, com a introdução da linha de produção por Henry Ford, o que gerou a necessidade de máquinas cada vez mais autônomas e interligadas (MORAES; CASTRUCCI, 2010).

Atualmente, nos ambientes industriais, a busca por mais avanço e integralização por meio da Automação continua. Isto porque comunicar as informações dos sistemas fabris e de produção com as camadas subsequentes na estrutura horizontal, pode melhorar não só a gestão como a otimização dos recursos disponíveis (MORAES; CASTRUCCI, 2010). Ao longo tempo, as empresas estão aprendendo cada vez mais como utilizar os recursos de Automação como ferramentas de agregação de valor, maximização da produção e diferenciação nos produtos industrializados (BERKWITT, 1996).

A integralização e modernização permite a implementação de diversas aplicações relacionadas à historização, manutenção, otimização da planta. Geralmente isto ocorre por meio de comunicação *OLE for Control Process* (OPC), que garante a coleta de dados da planta, para serem utilizados em ferramentas como *Plant Information Management System* (PIMS) e *Manufacturing Execution System* (MES).

Apesar de algumas organizações ainda não aderirem totalmente a integração e automatização dos seus sistemas por conta do investimento associado a este feito, realiza-lo significa avançar em aspectos técnicos, operacionais e estratégicos. Acredita-se que no futuro, haverá maximização da continuidade do processo produtivo, significativo aumento de performance e redução de consumo de energia, a partir do monitoramento de todos os equipamentos de sistemas elétricos e mecânicos através de redes de comunicação (LOCK, 2002).

1.1 Descrição do Processo

A cadeia produtiva da indústria petroquímica, que engloba a produção de plásticos e fibras sintéticas, abrange uma vasta rede de setores que desempenham funções que incluem

a exploração de gás natural e o refinamento de petróleo, a fabricação de matérias-primas petroquímicas fundamentais, como olefinas e aromáticos, bem como a produção de insumos intermediários, como polietileno, cloreto de polivinila, poliestireno, polipropileno e resinas. Esses insumos são essenciais na fabricação de produtos plásticos finais, após passarem por processos de transformação e acabamento.

As operações de primeira geração são responsáveis pela produção de matérias primas básicas como eteno, propeno, benzeno, butadieno e cloro. Essas substâncias são fundamentais para a indústria de segunda geração que cuida das resinas termoplásticas, que podem ser produzidas em pequenos grânulos ou em pó que serão enviados para indústria de terceira geração, que irá fabricar o produto final a partir dessas resinas. Os petroquímicos básicos são utilizados na produção de diversos intermediários ou produtos finais tais como: fibras, plásticos, tensoativos, elastômeros, detergentes sintéticos, fertilizantes nitrogenados, adesivos, tintas, resinas e outros.

O processo produtivo envolvido nesse trabalho tem como principal matéria-prima a Nafta, e, a depender de alinhamento estratégico de mercado, pode-se ser alternada com Etano. Em suma, essas substâncias passam por um processo de craqueamento em fornos de pirólise para obtenção de petroquímicos básicos, que ocorrem nas centrais de matérias primas, ou CEMAP. Após o craqueamento da Nafta, há a formação de uma corrente constituída por H₂, Metano, C₂, C₃, C₄, C₁₀₊, RAP, Gasóleo, entre outros. Depois há a realização de processos de separação iniciais, em uma torre de fracionamento de gasolina, torre de quench, para retirada de RAP, Gasoleo e C₁₀₊. O Gás de Carga, elemento resultante dessa separação, será submetido à outros processos de separação para retirada de componentes que possuem maior valor econômico.

O processo segue para a área de compressão, onde essas substâncias são submetidas à altas pressões em baixas temperaturas e seguem para a área fria, que opera em temperaturas criogênicas, para continuação do processo de separação e geração de Eteno e Propeno, principais produtos desejados. A partir daí as substancias são enviadas para a geração de componentes Aromáticos, que tem como principais equipamentos diversas torres de destilação.

1.2 Justificativa

Este projeto foi implementado em uma planta petroquímica de primeira geração, localizada no estado da Bahia. Diversos sistemas de gestão desta empresa ainda necessitam de informações provenientes de entradas manuais para a correta operação, por exemplo leituras de variáveis do campo, status de equipamentos para otimização, entre outros.

Neste trabalho, alguns exemplos de informações manuais podem ser citados, como o status de equipamentos (operando, parado e giro lento) e instrumentos ou condições

de operações que esses se encontram (indisponível para otimização, podendo estar em manutenção ou em uma restrição de processo). Ademais, o sistema de fechamento de balanço utiliza estas informações para auxiliar na reconciliação de dados bem como aumentar a precisão dos resultados consolidados.

As atualizações dos valores das variáveis para o fechamento de balanço da planta bem como para a otimização em tempo real da planta (*Energy Real-Time Optimization (ERTO)*) eram realizadas na rede corporativa pelos operadores de painel. Este não era um cenário confortável para a operação, uma vez que era necessário o deslocamento do seu posto de trabalho, Interface Homem-Máquina (IHM) de operação do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), para acessar a rede corporativa numa outra estação de trabalho. Ademais, nem sempre havia uma boa conexão com a rede e, portanto, isto também gerava insegurança quanto à alteração dos valores e da confirmação das atualizações.

Além disso, a atualização era feita uma vez por turno e os operadores atualizavam todas as variáveis mesmo que não houvesse mudanças em algumas delas desde o último acesso, tornando o processo lento, repetitivo e ineficiente. Por fim, qualquer pessoa com acesso às entradas manuais na rede corporativa poderiam fazer a modificação nos valores das variáveis, até mesmo fora da empresa, caso tivesse acesso à rede da empresa.

É necessário que as informações dispostas estejam coerentes com a realidade dos equipamentos, uma vez que o *ERTO* é sistema de grande relevância econômica para empresa, devido a modelagem de estratégias de utilização energética visando ganhos energéticos e financeiros, sendo tal contexto o principal motivador para as melhorias disponibilizadas no novo sistema de entradas manuais.

1.3 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é expor o desenvolvimento e implementação de uma aplicação para estabelecimento de rotina operacional de entrada de dados manuais para o *ERTO* e fechamento de balanço utilizando recursos disponíveis na planta.

1.3.1 Objetivos Específicos

A fim de cumprir o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos para o trabalho:

- Agregar maior confiabilidade e otimização de tempo na rotina operacional;
- Armazenar dados históricos no IP21/PIMS de forma otimizada, a longo prazo;

- Viabilizar maior ergonomia para a operação, não sendo mais necessário que o operador saia da sua estação de operação para acessar a interface de entradas manuais;
- Agregar maior confiabilidade e segurança aos dados fornecidos para otimização, para casos em que não haja falha humana, restringindo o acesso às modificações das variáveis ao corpo operacional na sala de controle.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos, iniciando com esta introdução. O Capítulo 2 abordará a Revisão Bibliográfica, onde apresentaremos a base de conhecimento essencial para a implementação prática. Serão discutidos conceitos-chave, como a pirâmide de automação, elementos de automação e instrumentação, como Sistemas de Controle Distribuído ([SDCD](#)), dispositivos motorizados e equipamentos turbinados, Sistemas de Gerenciamento de Informações de Processo ([PIMS](#)) e Otimizadores, e os protocolos de comunicação utilizados entre as camadas de Supervisão e o Sistema de Execução de Manufatura ([MES](#)).

O Capítulo 3, aborda a Metodologia utilizada para a realização deste trabalho, desde a coleta de informações sobre os problemas do sistema em questão, os recursos de Automação disponíveis para resolução e confecção da aplicação.

O Capítulo 4 se concentrará nos resultados da aplicação, destacando os principais resultados obtidos durante a implementação. Iremos detalhar as descobertas e conclusões provenientes desse processo.

Por fim, no Capítulo 5, este trabalho será concluído, pontuando seus ganhos e apresentando sugestões para melhorias futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será abordado o referencial teórico utilizado como fundamento para a construção deste trabalho.

Nos primeiros tópicos serão apresentados os dispositivos de campo envolvidos no trabalho, como sensores e transdutores, bombas industriais turbinadas e motorizadas. Em seguida, descrevem-se os sistemas de controle e otimização encontrados em plantas industriais, como o Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD), Otimizadores e sistemas de camada MES, como o PIMS. Por último, apresenta-se a interação entre esses sistemas através da Pirâmide de Automação.

2.1 Elementos de Campo

2.1.1 Sensores e Transdutores

No início do século XX foram lançados os primeiros indicadores locais de temperatura, pressão e nível para realização de controle local. Muitos desses instrumentos são usados até hoje no contexto industrial, como o tubo de Venturi e placa de orifício, medidores de vazão. Lentamente os instrumentos começaram a evoluir e serem integrados com os sistemas de automação e controle das plantas, onde os grandes avanços tecnológicos dos últimos anos permitiram a evolução até os sistemas de otimização integrados de uma planta industrial (GARCIA, 2017).

Sensores são dispositivos que convertem grandezas físicas, como temperatura, pressão, fluxo, status de equipamentos, e nível, em sinais elétricos mensuráveis. Um sensor nem sempre possui as características elétricas necessárias para ser lido por um sistema de controle, então, geralmente os sinais medidos passam por um circuito de interface, chamado de transdutor (THOMAZINI; URBANO, 2020).

Um transdutor pode ser do tipo amplificador, filtro, conversor, entre outros. Ele envia o sinal do sensor tratado para ser recebido pelo controlador, onde o sinal é convertido em unidade de engenharia. Um exemplo prático de uma função que o transdutor pode desempenhar seria converter sinais de baixa tensão provenientes de sensores, como termopares, em sinais elétricos que são adequados para transmissão por um transmissor ao sistema de controle. Da mesma maneira, em certas situações, os transdutores são usados para transformar sinais de alta magnitude, captados por sensores, em sinais de tensão ou corrente padronizados (BRITO, 2019).

É importante notar que, à medida que a tecnologia avança, a combinação de

sensores e transmissores industriais está se tornando mais sofisticada. A integração de tecnologias sem fio e comunicação em nuvem está permitindo uma monitorização remota e em tempo real, tornando os processos industriais mais eficientes e econômicos (SCHWAB, 2019).

2.1.2 Bombas industriais turbinadas e motorizadas

A indústria utiliza uma série de equipamentos estáticos, dinâmicos e elétricos. Estes equipamentos são de fundamental importância para os processos em que são utilizados, desde aplicações mais simples até as mais severas (GOUVEA, 2008).

Dentre os equipamentos industriais estão as bombas centrífugas, que podem ser classificadas como turbinadas e motorizadas. Elas podem ser responsáveis pelo transporte de fluídos, perigosos ou não, e controle de variáveis de processo como pressão, temperatura, nível, pH, velocidade, e, por serem indispensáveis para a produtividade e segurança das unidades industriais, geralmente são instaladas com uma bomba reserva (GOUVEA, 2008).

Segundo (MATTOS; FALCO, 2019), as bombas centrífugas são as bombas formadas por uma roda, chamada de impelidor, com uma quantidade determinada de pás. A rotação dessa roda promove a movimentação do fluído e a produção de forças que se desenvolvem na massa líquida.

Esses equipamentos fornecem de forma majoritária energia cinética ao fluído. A energia cinética fornecida é transformada em pressão, quando o fluído sai do impelidor e passa por um conduto de área crescente. Conforme o modo que o impelidor cede energia ao fluído, essas bombas podem ser classificadas da seguinte forma:

- Bombas de fluxo radial: São empregadas quando o processo exige cargas elevadas com vazões baixas. Essas bombas também são chamadas de centrífugas puras, porque em seu funcionamento saída do líquido possui direção normal ao eixo;
- Bombas de fluxo axial: Esse tipo de bomba é utilizado quando as cargas fornecidas são pequenas e se deseja grandes vazões. Nela a saída do líquido é paralela ao eixo e toda energia cinética é transferida ao fluído por forças de arrasto;
- Bombas periféricas ou regenerativas: Também chamadas de motorizadas, pois possuem um rotor como componente principal da sua estrutura, esse tipo de bomba que opera com vazões baixas e pressões altas. Possui esse nome pois no seu funcionamento o fluído é conduzido do centro para a periferia do rotor (CAMPOS, 2019).

2.2 Sistemas de Controle e Otimizadores

2.2.1 SDCD

O **SDCD**, Sistema Digital de Controle Distribuído, é um sistema microprocessado cuja função é realizar o controle dos processos industriais, reduzindo o custo e aumentando a produtividade e segurança (**GUTIERREZ; PAN, 2008**).

As primeiras aplicações de computadores no ambiente Industrial eram apenas de monitoração, por meio de *Data Acquisition Systems* (**DAS**), sistemas digitais de aquisição de dados (**GARCIA, 2017**). Depois, esses sistemas evoluíram para o controle de variáveis analógicas, e atualmente ele são utilizados para praticamente todas as aplicações de controle industriais, como leitura de variáveis discretas, controle por bateladas e processos contínuos, geração de relatório e controle estatístico do processo (**FINKEL, 2006**).

Visando a economia de processamento e dinheiro investido, estes dispositivos começaram a ser utilizados de forma compartilhada, ou seja, diversas tarefas de diferentes variáveis eram realizadas por apenas um computador (**PEREIRA, 2009**).

O **SDCD**, representado por um pacote de hardware, software e rede de comunicação, surgiu na década de 70, adaptado ao segmento que era utilizado: Siderúrgico, metalúrgico, de refino de petróleo, químico, entre outros (**PEREIRA, 2009**). A Honeywell, dos Estados Unidos, a Yokogawa, do Japão, e a Controle Bailey, da França, competiram para este lançamento, mas, em 1975, o primeiro **SDCD** no mercado, conhecido como TDC-2000, foi fabricado pela Honeywell (**GARCIA, 2017**).

Atualmente, o **SDCD** é dito como um sistema abrangente que engloba todos os elementos que uma fábrica deseja monitorar e controlar a partir de quatro elementos: Estação de operação, Estação de controle, Estação de engenharia e sistema de comunicação (**GARCIA, 2017**). Isso inclui sensores, atuadores, unidades remotas, saídas analógicas e digitais, bem como integração com outros sistemas especializados.

Nas estações de controle de campo, há uma Unidade Central de Processamento (*Central Process Unit* (**CPU**)) e cartões de interconexão para dispositivos de campo e redes de comunicação. O **SDCD** oferece uma interface gráfica para estações de operação (**IHM**), onde os operadores supervisionam o processo e controlam atuadores. As estações de engenharia, local dedicado para a configuração do software, incluindo a criação de telas gráficas, configuração de redes de comunicação, lógica de automação, sequências de operação e muito mais.

2.2.2 Otimizadores

Para se adequar a um mercado cada vez mais competitivo, inerente ao ramo Industrial, onde há grande pressão para aumentar as margens de lucro e reduzir o tempo

de produção, as unidades industriais precisam operar com limites arrojados, segurança, mantendo a flexibilidade para atender às necessidades dos clientes. Por esse cenário, as fábricas têm buscado otimizar suas operações por meio de computadores que compilam modelos matemáticos que obtêm o ponto ótimo de operação, quebrando paradigmas operacionais tradicionais através da otimização (MAGALHÃES, 2010).

A otimização de um sistema tem como finalidade maximizar ou minimizar a sua função objetivo, respeitando suas restrições. Ela acontece em tempo real quando obtém soluções periódicas implementadas automaticamente (ZANIN, 2001).

Na década de 1960, foi quando se desenvolveram os primeiros conceitos de controle ótimo. Mas os somente na década de 1970 que surgiram os primeiros controladores preditivos baseados em modelos (MPC) que foram amplamente adotados nas indústrias de processamento na década de 1990. Paralelamente, a academia concentrou-se em resolver problemas de otimização estática e dinâmica. Nas décadas de 1980 e 1990, as soluções de otimização estática em tempo real (RTO) começaram a se estabelecer, embora tenham enfrentado desafios de implementação e manutenção de modelos do processo (MAGALHÃES, 2010).

A implementação de otimizadores em tempo real só é possível pois existem computadores velozes e baratos, que suportam algoritmos para sistemas de grande porte, SDCD, base de dados e controle multivariável amplamente difundidos (ZANIN, 2001).

2.3 *Plant Information Management System*

O PIMS é um sistema que adquire dados de processo dos vários sistemas de automação, centralizando-os em um banco de dados para criar históricos de longo prazo. Ele facilita a correlação de informações de várias fontes de uma planta industrial. As soluções de PIMS oferecem ferramentas para acessar e visualizar informações históricas e em tempo real de maneira eficiente, por meio de tabelas, gráficos de tendências, gráficos de correlação, dados estatísticos, telas sinópticas, relatórios dinâmicos, entre outros, possibilitando compartilhamento fácil dentro da corporação (ARANHA, 2015).

O PIMS está na camada intermediária da pirâmide de automação, entre os sistemas de controle de supervisão e os sistemas corporativos, com separações de segurança cibernética para garantir a segurança dos dados. Os dados coletados vêm da camada que se encontra abaixo da camada do PIMS. Seguindo essa estrutura, primeiramente há a leitura de informações de instrumentos conectados aos sistemas fontes: *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) e SDCD. Cada fonte tem a capacidade de reunir dados de várias variáveis, e cada variável está associada a um transmissor ou atuador. Essas variáveis são conhecidas como tags e desempenham um papel fundamental na camada de armazenamento, cuja principal função é centralizar os dados em um servidor de banco de

dados (SOUZA et al., 2006).

Dado o elevado volume de informações em ambientes industriais, ser objetivo é fundamental na forma como esses dados são registrados. Cada tag no banco de dados contém apenas um nome identificador, o valor que ela representa em um momento específico e marcador de data e hora correspondente (SOUZA et al., 2006).

Além da coleta de dados e armazenamento o PIMS oferece funcionalidades de distribuição de informações para outros sistemas (FILHO, 2011). Geralmente, o PIMS possui interface com a maioria dos sistemas que possui importância comercial para a empresa (CARVALHO et al., 2005).

As aplicações no PIMS fornecem à empresa que o utiliza vantagens como identificação de melhorias através do histórico de informações, tomadas de decisões orientadas a dados, acompanhamento em tempo real do cenário da planta, gestão de ativos, controle estatístico de qualidade, cálculo de *Key Performance Indicator* (KPI), investigação de eventos, avaliação de performance atrelada ao tempo de operação de equipamentos, entre outros (COSTA, 2017).

2.4 OPC

Segundo o OPC *Foundation*, o protocolo de comunicação OPC (*Object Linking and Embedding* (OLE) for Control Process) surgiu para atender à necessidade das indústrias em ter uma forma padronizada de comunicação entre os dispositivos para diminuir custos associados à interligação, e de todos os recursos de infraestrutura envolvidos. A comunicação OPC traz ganhos em termos de padronização para transmissão de dados através de um conjunto de regras e procedimentos específicos, integrando equipamentos de campo, sistemas de controle e softwares de gerenciamento.

O protocolo OPC, que evoluiu a partir do antigo protocolo *Dynamic Data Exchange* (DDE) (*Dynamic Data Exchange*), desempenhou um papel fundamental na integração e comunicação entre aplicações nativas do sistema operacional Windows. No entanto, ao longo do tempo, o DDE enfrentou dificuldades de implementação e lentidão, levando ao desenvolvimento da tecnologia OLE pela Microsoft na década de 1990. A tecnologia OLE visava superar os desafios de desempenho e confiabilidade associados ao DDE. Posteriormente, o protocolo OPC surgiu como uma resposta aos drivers proprietários e se tornou uma preferência nas soluções automatizadas, com especificações padrão amplamente aceitas para acesso de dados, histórico de acessos e alarmes e eventos na automação industrial (JUNIOR, 2016).

Na arquitetura de comunicação OPC, há dois principais componentes: o Cliente OPC e o Servidor OPC. O Cliente OPC é responsável por acessar dados e é frequentemente

representado por sistemas de supervisão ou interfaces operacionais. O Servidor OPC, por sua vez, é uma base de dados que coleta informações de processos e as disponibiliza para os Clientes OPC. A interação entre eles ocorre por meio de uma interface específica.

Na estrutura do OPC, existem três objetos fundamentais: Servidor, Grupo e Item. O Servidor desempenha funções essenciais, como fornecer a infraestrutura de rede, gerenciar a conexão com fontes de dados e associar itens a variáveis reais dos processos. Grupos são responsáveis por agrupar os itens de interesse para um cliente específico, desempenhando um papel crucial na relação cliente-servidor. Itens, por sua vez, são estruturas que incluem informações sobre o valor dos dados armazenados pelo servidor, a qualidade dos dados (válido, inválido ou incerto) e a marca de tempo associado a esses dados.

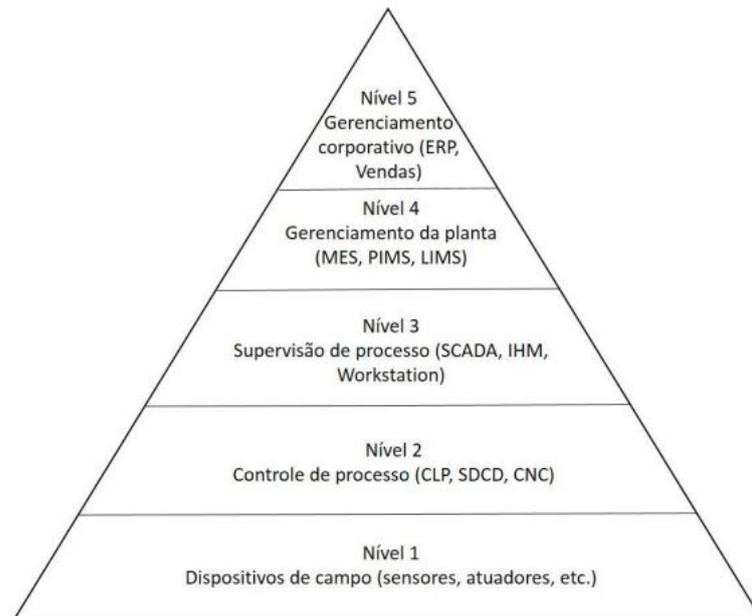
Hoje, o OPC *Unified Architecture* (OPC UA) representa uma evolução significativa, sendo altamente versátil e implementável em diversas plataformas e sistemas operacionais, presente praticamente todas as aplicações (seja supervisor, historiador, aplicativo de MES, gerenciador de alarmes), desempenhando um papel importante na quarta revolução industrial (JUNIOR, 2016).

2.5 Pirâmide da Automação

A pirâmide da Automação surgiu em 1980, trazendo a ideia hierárquica dos níveis de Automação de uma indústria, dos seus respectivos equipamentos e funções, e como eles se relacionam. Na estrutura hierárquica, a base da pirâmide compreende os dispositivos de chão de fábrica. Eles desempenham um papel fundamental ao interagir com o processo de produção e coletar informações cruciais. Essas informações são então transferidas para as camadas superiores da organização e vão até o topo da pirâmide, onde ocorre a tomada de decisões estratégicas (GUTIERREZ; PAN, 2010). Segundo (MORAES; CASTRUCCI, 2010), os níveis da pirâmide de Automação podem ser divididos da seguinte forma:

- Nível 1: É composto pelos dispositivos de campo, como sensores e atuadores. Nesta camada utiliza-se comunicação do tipo Fieldbus, Hart, entre outros, para transmitir dados para os equipamentos presentes no Nível 2;
- Nível 2: É a camada onde estão os equipamentos que realizam o controle automático da planta. Como exemplo pode-se citar os controladores digitais, lógicos e dinâmicos (Controlador Lógico Programável (CLP), PC, Controle Numérico Computadorizado (CNC), SDCD).
- Nível 3: Esse Nível é conhecido como Nível de supervisão, nele é possível encontrar Workstations, PC, IHM, geralmente há banco de dados com informações sobre o processo – Índice de produtividade, relatórios e estatísticas do processo. O Nível 3

Fig. 1 – Pirâmide da Automação



Fonte: (MORAES; CASTRUCCI, 2010)

estabelece comunicação com a camada superior a partir de rede Ethernet, MAC, TCP/IP;

- Nível 4: Camada responsável pelo planejamento e programação da produção, bem como a realização de logística e suprimentos, ou seja, o gerenciamento de planta. Nesta camada, a gestão de recursos de produção e a otimização de processos são realizadas através de sistemas como MES, *Laboratory Information Management System* (LIMS) e PIMS. Ela é capaz de armazenar uma grande quantidade de informações, ao contrário da camada 3, que tem limitações de processamento. Além disso, as informações armazenadas nesse nível podem ser acessadas em tempo real, de acordo com um escaneamento pré-estabelecido para as variáveis. A comunicação entre as camadas é viabilizada por protocolos como Ethernet e OPC (SHIMANUKI, 1999).
- Nível 5: É o nível de gerenciamento corporativo. Nessa camada, é onde ocorrem as tomadas de decisão da empresa e gerenciamento de todo sistema através de softwares para gestão financeira e gestão de vendas.

3 METODOLOGIA

Antes da implementação deste projeto, as atualizações dos valores das variáveis para o fechamento de balanço da planta, acompanhamento gerencial da manutenção e para a otimização em tempo real da planta (ERTO) eram realizadas na rede corporativa, em uma interface web, pelos operadores de painel. Este não era um cenário confortável para a operação e seguro para a planta, uma vez que era necessário o deslocamento do seu posto de trabalho (IHM de operação do SDCD) para acessar a rede corporativa numa outra estação de trabalho. Ademais, nem sempre havia uma boa conexão com a rede e isso causava certa insegurança quanto à alteração dos valores e da confirmação das atualizações.

Além disso, a atualização era feita uma vez por turno e os operadores atualizavam todas as variáveis mesmo que não houvesse mudanças em algumas delas desde o último acesso, tornando o processo lento, repetitivo e ineficiente.

Dada a importância destas informações, conforme explicitado anteriormente, foram propostas algumas melhorias no sistema visando o aumento de confiabilidade das informações, a otimização e a maior eficiência do procedimento operacional. Houve também a participação do time Produção e Operação para garantir que o novo sistema atendesse às necessidades e demanda dos usuários finais, buscando engajamento no uso da ferramenta mesmo após implantação.

O trabalho foi desenvolvido no SDCD do fabricante Yokogawa, cujo software utilizado estava na versão de Centum VP, tecnologia mais atual disponível no mercado. Já o hardware estava dividido entre Centum VP e CS3000, sendo este segundo uma versão mais antiga.

Assim, esse capítulo será dividido em 5 tópicos, que apresentarão a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho. Primeiramente será abordado como foram levantados os recursos da aplicação existente. Em segundo lugar, será explícito o levantamento crucial das variáveis que irão definir o ponto de operação dos equipamentos. O terceiro tópico tratará do desenvolvimento da aplicação no SDCD. O penúltimo item irá relatar como foi realizada a integração com o PIMS.

3.1 Avaliação dos recursos e limitações existentes

Com os problemas existentes na ferramenta de apontamento manual dos status dos equipamentos do site, foi necessário o mapeamento dos pontos insatisfatórios, através da diálogos com a operação. usuário final, para estruturação da nova ferramenta e das melhorias propostas. Os principais pontos identificados serão descritos a seguir:

- Interface web não era completamente integrada com os sistemas da planta e pouco amigável para o usuário final. Destarte, muitas vezes são verificadas informações desatualizadas ou até mesmo incorretas, fruto de falhas do sistema ou falha dos usuários;
- Problemas de conexão da rede corporativa dificultavam a atualização dos dados;
- Não havia controle de acesso por usuário para atualização de dados o que impactava em menor confiabilidade para otimização e gestão da planta. Qualquer pessoa com acesso à rede, mesmo fora da organização, podia atualizar os dados;
- Todos os status precisavam ser atualizados a cada troca de turno, por mais que não houvesse modificação do último status até o momento atual;
- As atualizações não eram realizadas nos postos de trabalho operacionais, o que corroborava com a baixa aderência às atualizações.

Para sanar todos esses pontos, foi proposta uma nova aplicação no **SDCD**, integrada com as camadas superiores da fábrica, de supervisão, de otimização, camada **MES** e de gerenciamento.

Com essa aplicação os operadores podem atualizar os status nos seus postos de operação, através de uma tela gráfica, que possui atalho para chamada no teclado de operação e nas telas de processo. A atualização no sistema ocorre de forma individual apenas quando há mudança de status, por exemplo, se apenas um equipamento saiu do modo “operando” para “parado”, o operador irá atualiza-lo para o **ERTO** e para os outros nenhuma ação é necessária.

Além disso, a tela projetada proporciona uma visão geral de todos os equipamentos, pois contém todas as informações relevantes para o seu monitoramento (*status*, tag, descrição, potência – para casos de equipamentos motorizados - vazão de vapor, admissão, exausto – para casos de equipamentos turbinados).

O **SDCD** possui controle de acesso, onde cada operador tem um login com privilégios de ação e monitoramento associados, e não é possível atuação por indivíduos não autorizados. Ou seja, como desejado, com o projeto somente a operação poderá fornecer os dados dos status dos equipamentos.

Ainda sobre a solução, com o novo sistema foi implementado o recurso de seleção “status remoto”, opção na qual a aplicação infere de forma automática os status do equipamento, através de variáveis disponíveis no **SDCD**. Uns dos objetivos desse trabalho é maximizar a quantidade de motorizados e turbinados com a opção de status remoto disponível, o que será abordado no próximo tópico.

3.2 Levantamento das variáveis e regiões de operação dos equipamentos

A fase de alinhamento com as equipes multidisciplinares foi fundamental para que a mudança do sistema ocorresse. Esta etapa do processo de implementação foi essencial para trazer disciplina, credibilidade e garantir o uso efetivo da nova ferramenta.

As equipes de engenharia de Produção, de Processo e Operação foram responsáveis por definir as regiões de operações dos equipamentos. Em conjunto, o time avaliou para cada caso a viabilidade de implementar o status remotos nos equipamentos a partir das variáveis disponíveis no [SDCD](#).

A operação ajudou a entender as particularidades contidas nos procedimentos operacionais para cada unidade, por exemplo, em determinada unidade a lógica precisou ser adequada porque as bombas turbinadas não ficavam paradas, e sim em giro lento, para uma partida mais rápida.

A análise criteriosa do time permitiu a inferência automática de status para cerca de 75% dos equipamentos do site, o que agregou confiabilidade das informações utilizadas para o cálculo do [ERTO](#) e fechamento de balanço da planta.

3.3 Elaboração de estrutura lógica da aplicação

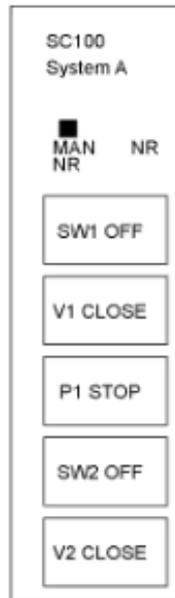
O primeiro recurso a ser avaliado foi o bloco de seleção dos status para as bombas. Este bloco precisava ser customizável, com 5 botões disponíveis para utilização (para as opções: parado, operando, giro lento, indisponível, status remoto), sendo os botões dos *faceplates* removidos de acordo com cada equipamento, os equipamentos turbinados não possuem a opção “giro lento”, alguns equipamentos não possuem a opção “remoto” disponível.

O bloco do [SDCD](#) da Yokogawa escolhido, que possuía todas as funcionalidades necessárias, foi o PBS5C (*Extended 5-Push-Button Switch*), apresentado na Figura 2. A ação desses botões foi configurada como “*radio button*”, na qual apenas um botão ou status pode ser selecionado por vez.

A segunda etapa foi escolher o tipo de bloco lógico que seria utilizado para aplicação. A Yokogawa disponibiliza vários tipos de configuração: Em blocos (*Logic Chart*), código linguagem de programação de alto nível em sintaxe nativa da Yokogawa, SEBOL, em bloco de cálculos, tabela de sequência, e SFC (*Sequence Function Chart*).

Como essa é uma aplicação muito específica, atrelada ao nível de otimização da planta, pioneira na unidade em questão, de processo contínuo de primeira geração, o bloco mais adequado para essa aplicação foi o SFC (*Sequence Function Chart*). Esse bloco lógico

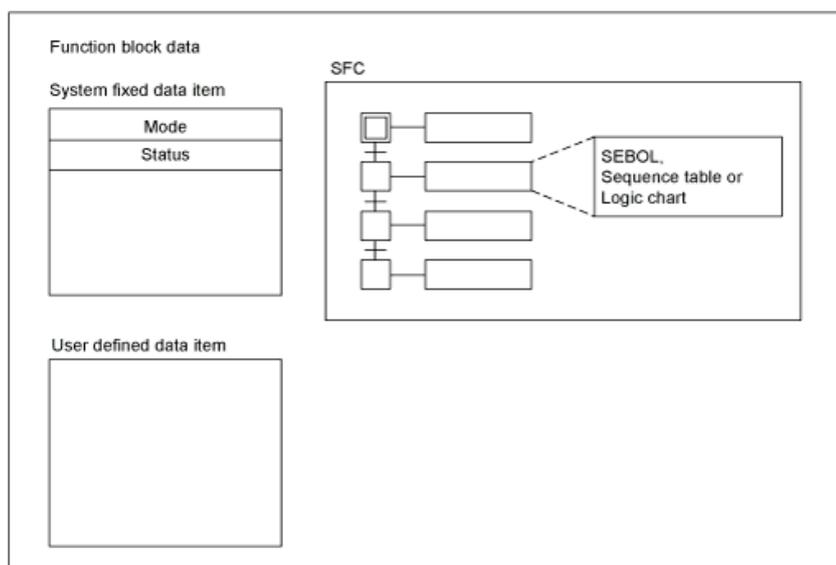
Fig. 2 – Faceplate de 5 botões



Fonte: : Manual do fabricante Yokogawa

é tipicamente usado para processo sequenciais, de batelada, é um bloco que utiliza a linguagem nativa da Yokogawa de código escrito em SEBOL, e por essas razões possui mais recursos e flexibilidade em termos de configuração. Outra razão para escolha do bloco é que ele não utiliza tempo de processamento da CPU, sendo compilado no *idle time* do SDCD, ideal já que o sistema implementado não está atrelado aos controles mais críticos da planta, que devem ser prioritários à aplicações de otimização e o ERT0 gera otimizações a cada 30 minutos. A estrutura desse bloco está apresentada na Figura 3 abaixo.

Fig. 3 – Estrutura do bloco SFC



Fonte: Manual do fabricante Yokogawa

A estrutura da lógica confeccionada foi pensada para otimizar o código, já que a

lista de equipamentos e variáveis é extensa, o objetivo da estruturação foi torná-lo o mais curto, legível e replicável possível, já que este foi utilizado como modelo para as demais unidades da planta.

A instrução utilizada na construção da lógica foi o “for”. O “for” é utilizado quando deseja-se percorrer ou iterar uma sequência de dados, executando instruções em cada item. Na estrutura SFC, ilustrada na Figura 3, o campo de “*user defined data item*” é utilizado para criar variáveis intrínsecas ao bloco, de modo unitário, em forma de vetor ou matriz. Neste caso foram criados vetores para armazenar *strings*, variáveis em texto, com os tags dos equipamentos e suas respectivas variáveis de inferência, quando aplicável. Também foram criados vetores para armazenar valores inteiros, que representam o status atual. Os vetores foram agrupados seguindo as seguintes regras de classificação:

- Vetores são divididos em vetores de armazenamento de tags de equipamentos, vetores para armazenamento de tag de inferência, vetores de armazenamento do status do equipamento;
- No caso dos equipamentos que possuem status remotos, o agrupamento foi feito por tipo de variável de inferência, pois geralmente possuíam os mesmos condicionais, então a região de execução do for iria tratar das mesmas instruções para todos os casos;
- A numeração do vetor de tag de equipamento deve ser equivalente à numeração do vetor de variável de inferência equivalente;
- Equipamentos que não possuem “status remoto” não possuem um vetor equivalente de variável de inferência, e seus tags são armazenados num vetor único.

A Figura 4 traz um exemplo da estrutura desses vetores. Os vetores que começam com o título “M/T REMOTO”, armazenam os tags dos equipamentos, e são do mesmo tamanho dos pares de vetores que armazenam os tags das variáveis de inferência, por exemplo “M/T REMOTO FI”, possui quatro posições de armazenamento, e seu par, “FI” também possui quatro.

Na estrutura SFC, vide Figura 3 foi configurado o código que percorre os vetores, executando as ações necessárias por região do vetor. Outra estratégia adotada para otimização do código foi a criação de variáveis genéricas, chamadas no Sebol como “*genname*”, declaradas por tipo de bloco. A estrutura “for” indexa o tipo da variável associada ao *genname* ao tag armazenado no índice do vetor que está sendo percorrido a partir da função “*assign*”.

Nessa aplicação há um número elevado de blocos sendo utilizados, e a estrutura elaborada reduz significativamente a quantidade de variáveis e blocos declarados e a

Fig. 4 – Estrutura Vetorial da lógica SFC

Step	Transition (PHASE:)	Value
M/T REMOTO FI	PHASE:	[4]
FI	PHASE:	[4]
M/T S/ REMOTO	PHASE:	[24]
M/T REMOTO CI	PHASE:	[8]
CI	PHASE:	[8]
M/T REMOTO PI	PHASE:	[11]
PI	PHASE:	[11]
M/T REMOTO SI	PHASE:	[3]
SI	PHASE:	[3]
ERT0 REMOTO FI	PHASE:	[4]
ERT0 S/ REMOTO	PHASE:	[24]
ERT0 REMOTO CI	PHASE:	[8]

Fonte: Autora (2023)

quantidade de linhas da lógica. O código base verifica qual botão está selecionado no *faceplate* de seleção de *status*, e a partir disso a lógica escreve um valor na posição do vetor de status equivalente. O código de numeração para os status é:

- 0: Equipamento parado;
- 1: Equipamento operando;
- 2: Equipamento em giro lento;
- 3: Equipamento indisponível para otimização, seja por restrição de processo ou manutenção.

Esses valores são enviados via **OPC** para o **PIMS** e para o **ERTO**, viabilizando as aplicações das camadas superiores. Importante nessa implementação é considerar e aproveitar a estrutura funcional do sistema anterior. Portanto, o código de valores correspondentes aos status não foi definido nesse projeto, e sim aproveitado pela integração que já existia, fazendo o mínimo de alteração possível nas camadas superiores ao **SDCD** e **PIMS**.

Se o botão de “status remoto” está selecionado, há um *loop* diferente de execução. Há a leitura da variável de processo de inferência o seu valor é comparado com as regiões

pré-estabelecidas de operação, e então ocorre a escrita do valor equivalente ao *status* resultante.

Para inferir os status dos equipamentos as medições de campo utilizadas foram de corrente dos motores, pressão de descarga das bombas, status das turbinas, vazão vapor para turbina, rotação das máquinas. Todas essas informações foram configuradas em blocos indicadores, em caso de valores analógicos, e blocos de chave, para variáveis discretas. Blocos denominados “FI” são indicadores de vazão, “CI” são indicadores de corrente, “PI” são indicadores de pressão, “SI” são indicadores de velocidade e assim sucessivamente.

A partir daí, foram desenvolvidas as telas para atualização dos status dos equipamentos, que também podem ser utilizadas como telas de *overview* dos equipamentos em questão, uma vez que possuem o valor atual das variáveis que definem a operação, fácil acesso aos botões de atualização dos status (para o caso inserção manual), e especificações técnicas de operação dos mesmos.

3.4 Disponibilização das informações no PIMS e leitura do ERTO via OPC

A primeira etapa deste item foi o levantamento dos tags que o ERTO utilizava para leitura dos status da interface web de apontamentos manuais. Essa leitura se dava através da comunicação OPC com o PIMS, InfoPlus21 (IP21), do fabricante AspenTech.

Com a lista dos tags PIMS, o próximo passo foi alterar a fonte de leitura desses para os novos data itens do bloco SFC do SDCD, equivalentes aos vetores de status que armazenam valores inteiros. Na prática, o parâmetro alterado na base do IP21 foi o “*IO getdef*”, que deve ser apontado para a nova origem, através da comunicação OPC já existente, entre o SDCD e o servidor do IP21.

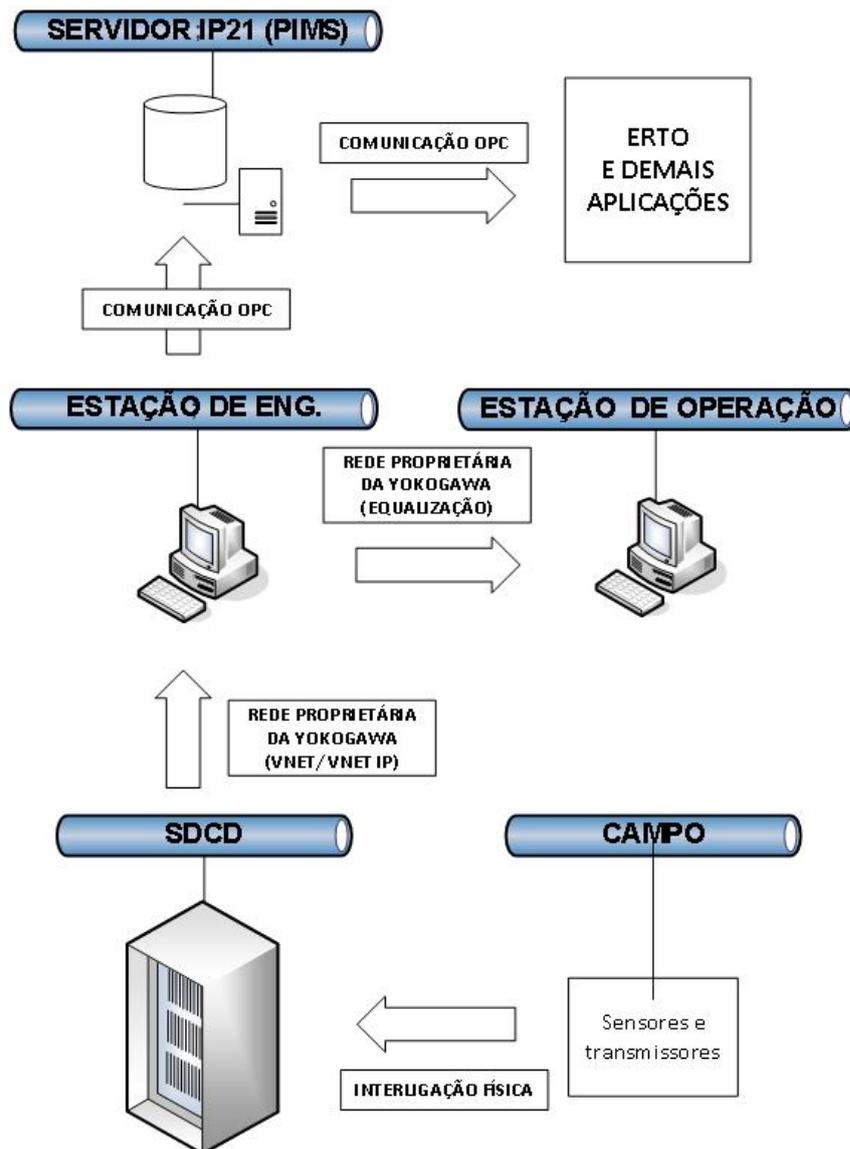
Na empresa em que foi implementado o projeto, o serviço de governança da base do IP21 é feito por uma empresta terceirizada, assim, foi aberto um chamado para realização dessa atividade. O ponto de atenção é que essa atividade foi planejada para ser feita após a implementação no SDCD, para não haver perda de dados.

O último item de integração com o PIMS no fluxo de trabalho, foi a replicação das telas do SDCD no PIMS, utilizando a ferramenta *Aspen Process Graphic Studio*, para acompanhamento das equipes de engenharia da empresa.

4 RESULTADOS

A arquitetura resumida do sistema está representada na Figura 5 a seguir.

Fig. 5 – Arquitetura Simplificada do sistema



Fonte: Autora (2023)

No detalhe, as leituras de campo são levadas através de cabos para os cartões de *Input/Output (I/O)* das estações do **SDCD**. Essas leituras são distribuídas em mais de 5 estações por unidade, chamadas de *Field Control Station (FCS)*. As estações de controle são conectadas entre si e com as estações de engenharia e de operação através de redes proprietárias da Yokogawa, para o **SDCD CS3000** a rede é a **VNET**, interligada por cabo coaxial, e para o **CENTUM VP** a rede é a **VNET IP**, interligada por cabo Ethernet, tipo par trançado. A estação de engenharia é onde ocorre toda configuração das

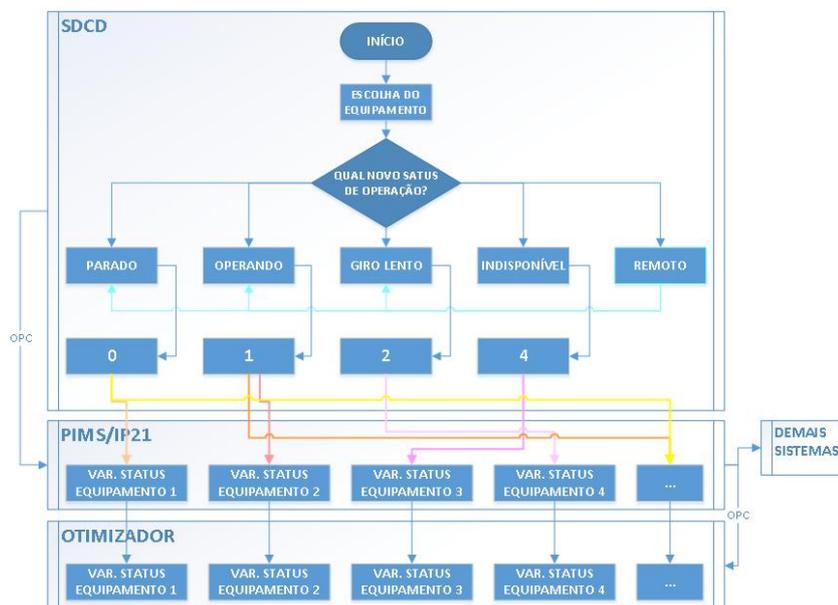
lógicas e telas, através dela também que as modificações implementadas são atualizadas na CPU do SDCD e nas estações de operação, também conhecidas como *Human Interface Station (HIS)* na Yokogawa. A estação de engenharia e as estações de operação integram os recursos de tela entre si através da rede de equalização, conhecida como “terceira rede”, também proprietária do fabricante.

A estação de engenharia integra seus dados com o servidor do IP21 através de uma comunicação OPC. Como só há conexão do SDCD com o PIMS, para as outras aplicações da camada MES e superiores é necessário o envio das informações para o PIMS em primeira instância, uma vez que esse possui comunicação OPC com os demais sistemas da planta.

4.1 Implementação da aplicação no SDCD e PIMS

O novo sistema de procedimento operacional para entradas manuais para integração com sistema de gerenciamento e otimização pelo SDCD e sua integração com os outros sistemas da empresa está estruturada conforme figura 6.

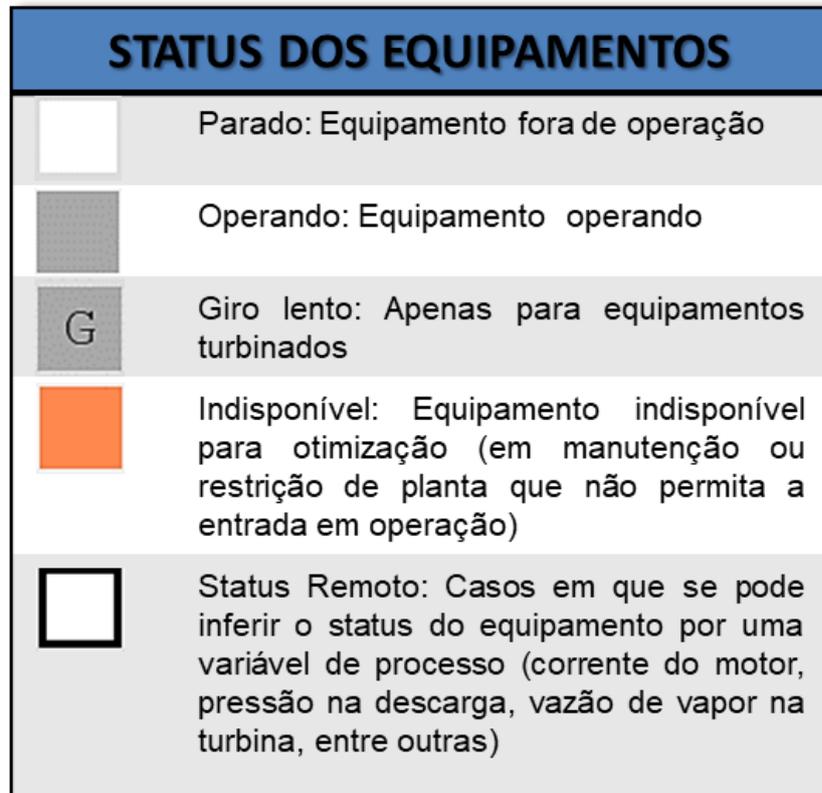
Fig. 6 – Fluxograma de Implementação no SDCD



Fonte: Autora (2023)

Os ganhos com a implementação da aplicação no SDCD são inúmeros. Todos os recursos implementados foram pensados para facilitar a rotina operacional. Um exemplo disso foi o pop-up de ajuda, chamado “Help”, com as descrições de cada status associado ao código de cor equivalente, como mostrado na Figura 7. O operador pode acessá-lo sempre que necessário, clicando no ícone “?” disponível nas telas implementadas. Esse item cooperou muito com a rotina operacional, já que, em processos contínuos como esse, não há alteração de status de equipamentos de forma tão recorrente.

Fig. 7 – Tela de "Help" das entradas manuais



Fonte: Autora (2023)

Os *faceplates* customizáveis permitiram a estruturação de acordo com a aplicação, conforme explicitado na imagem abaixo.

Fig. 8 – *Faceplates* de seleção dos status

Fonte: Autora (2023)

A tela implementada no SDCD pode ser vista no Apêndice A.

A implementação das entradas manuais no SDCD trouxeram ganhos em diversos, dentre eles estão:

- Otimização e maior confiabilidade na rotina operacional: com a implementação do projeto é possível que os operadores realizem as devidas alterações nos valores das variáveis e logo em seguida verifiquem se tais mudanças estão corretas, isto é, se não houve erro de inserção de dados. Além disso, como o sistema é independente da rede corporativa, não ocorre mais problemas vinculados à lenta conexão da rede.
- Segurança da informação: antes qualquer pessoa que tivesse acesso as entradas manuais poderia realizar a modificação das variáveis através da rede corporativa da empresa, agora apenas os operadores e a automação podem realizar tais alterações, uma vez que apenas essas áreas tem permissão de acesso a esse tipo de sistema;
- Maior ergonomia para os operadores de painel: com o sistema nas IHMs de operação, os operadores de painel não precisam mais se deslocar do seu posto de trabalho (painel de operação) para executar as entradas manuais;
- Armazenamento otimizado dos dados históricos no IP21/PIMS: com os dados historiados é possível inferir condições e status de operação ao longo dos períodos e só há o registro de um novo ponto no servidor quando há mudança de *status*;
- Possibilidade de inferência automática dos status dos equipamentos: a depender da condição do processo é possível determinar se um equipamento está operando, parado ou em giro lento, por exemplo, ou seja, a lógica contida nos módulos de controle do SDCD calculam o status de alguns equipamentos a depender dos valores de algumas variáveis contidas no próprio sistema;
- Atualização das variáveis a qualquer momento e apenas daquelas que tiveram seus valores modificados desde o último acesso: antes os operadores atualizavam os valores das entradas manuais uma vez por turno, independentemente se o cenário de operação não foi modificado desde o último acesso. Com o sistema no SDCD e historiado, só se faz necessário a inserção de valores nas variáveis que sofreram alteração;
- Melhoria qualitativa e quantitativa no desempenho do ERTO: Os dados gerados através do novo procedimento de entradas manuais dos status são destinados às modelagens de otimização energética da planta propostas pelo ERTO, portanto, a qualidade dos dados disponibilizados para os cálculos da otimização em tempo real impacta diretamente nas vantagens associadas à atuação desta ferramenta, que tem grande impacto econômico no site.

A implementação de tela de acompanhamento similar à implementada no SDCD foi um item a mais na proposta oferecida pelo projeto. Esta tela possibilitou o acompanhamento do cenário de operação e disponibilidade dos equipamentos pela engenharia de processo, produção e manutenção da planta.

5 Conclusão

Objetivo deste trabalho foi implementar um sistema de entradas manuais e inferência automática para atualização dos status dos equipamentos de uma indústria petroquímica para cálculo de otimização de energia da planta. Com base nos resultados apresentados pode-se afirmar que os objetivos gerais e específicos foram cumpridos de forma satisfatória.

Foram inúmeros os ganhos obtidos com esse projeto: Fornecimento de dados mais confiáveis para algoritmo do otimizador de energia, fechamento de balanço, acompanhamento dos times de engenharia de processo, produção e manutenção numa interface user friendly e com longo período de histórico. Além do mais, a implementação dessa ferramenta facilitou a rotina operacional de diversas formas, agregando muito mais agilidade no processo de atualização de status já que o número de equipamentos em que a atualização manual era necessária foi diminuído significativamente, as atualizações só precisam ser feitas quando há modificações no status. A tela associada a aplicação, ainda funciona como o overview de todos os equipamentos da planta no posto de trabalho operacional.

Esse trabalho foi o piloto e padrão para aplicações semelhantes em outras plantas industriais, já que possui alto grau de replicabilidade. Ainda, como melhoria futura, é possível incluir mais equipamentos de forma fácil. Ademais, com a digitalização da planta, pode-se implementar mais inferências automáticas de status.

Por fim, a implementação ainda pode auxiliar em trabalhos futuros do time de Automação, com aproveitamento e utilização da estrutura lógica, faceplate, biblioteca da tela gráfica desenvolvida, e o próprio status disponíveis dos equipamentos para animação de telas, alarmes e mensagens para o operador.

Referências

- ARANHA, E. Hierarquia de dados para pims corporativo. Science and Education Research Organization, COPEC, <https://copec.eu/eng/index.html>. 2015. Citado na página 24.
- BERKWITT, G. *Change: Revolution or evolution*. [S.l.]: Industrial Distribution, 1996. v. 1. Citado na página 17.
- BRITO, F. *Sensores industriais: Fundamentos e aplicações*. [S.l.]: Editora Saraiva, 2019. v. 1. Citado na página 21.
- CAMPOS, G. Proposta de substituição de sistema para abastecimento de Água em uma propriedade rural. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019. Citado na página 22.
- CARVALHO, F. et al. Sistemas pims- conceituação, usos e benefícios. *Tecnología em Metalurgia e Materiais*, v. 1, n. 4, p. 1–5, Apr 2005. Citado na página 25.
- COSTA, F. *Gestão De Ativos Fundamentada Em Plant Information Management System (PIMS) ÁREA: Gestão de Ativos, Sistemas de Produção e de Informação*. Dissertação (Mestrado) — IESAE, 2017. Citado na página 25.
- FILHO, J. Tratamento de dados em sistemas de automação de nível superior para cálculo de indicadores. Universidade Federal de Minas Gerais. 2011. Citado na página 25.
- FINKEL, V. S. et al. *Instrumentação Industrial*. [S.l.]: Interciencia, 2006. v. 2. Citado na página 23.
- GARCIA, C. *Controle de Processos Industriais. Estratégias Convencionais*. [S.l.]: Editorial Edgar Blucher Ltda, 2017. v. 1. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 23.
- GOUVEA, M. Estudo de confiabilidade em bombas centrífugas. Universidade São Francisco. 2008. Citado na página 22.
- GUTIERREZ, R.; PAN, S. Complexo eletrônico: automação do controle industrial. Banco Nacional do Desenvolvimento, <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES>. 2008. Citado na página 23.
- GUTIERREZ, R.; PAN, S. Hierarquia de dados para pims corporativo. O Setor Elétrico, <https://www.voltimum.com.br>, Memória da eletricidade. 2010. Citado na página 26.
- JUNIOR, M. A evoluÇao das tecnologias opc como subsÍdio para as fÁbricas inteligentes. ResearchGate, www.researchgate.net. 2016. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.
- LOCK, G. *The future is... how far away?* [S.l.]: Works Management, 2002. Citado na página 17.
- MAGALHÃES, O. *Desenvolvimento de um Sistema de Otimização Dinâmica em Tempo Real*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. Citado na página 24.
- MATTOS, E.; FALCO, R. D. *Bombas Industriais*. [S.l.]: Interciencia, 2019. v. 2. Citado na página 22.

- MORAES, C.; CASTRUCCI, P. *Engenharia de Automação Industrial*. [S.l.]: LTC, 2010. v. 2. Citado 3 vezes nas páginas 17, 26 e 27.
- PEREIRA, W. Sistemas digitais de controle distribuído. Universidade Federal de Ouro Preto. 2009. Citado na página 23.
- SCHWAB, K. *A Quarta Revolução Industrial*. [S.l.]: Edipro, 2019. Citado na página 22.
- SHIMANUKI, Y. Ole for process control (opc) for new industrial automation systems. In: *Proceedings of 1999 IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. Tóquio, Japão: [s.n.], 1999. p. 1048–1050. Citado na página 27.
- SOUZA, A. et al. Gerência e armazenamento de dados em tempo real em ambientes industriais. In: *Anais da VII Conferência Internacional de Aplicações Industriais - Induscon*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 1–6. Citado na página 25.
- THOMAZINI, D.; URBANO, P. *Sensores industriais: Fundamentos e aplicações*. [S.l.]: Érica, 2020. v. 9. Citado na página 21.
- ZANIN, A. Implementação industrial de um otimizador em tempo real. Universidade de São Paulo. 2001. Citado na página 24.

APÊNDICE A – Resultados

A.1 Tela de entradas manuais de status para o ERTO no SDCD

Fig. 9 – Tela de status para o ERTO no SDCD

TAG do equipamento	Descrição do Equipamento	Potência/ Vazão de vapor	Admissão/ Exausto	ANUAIS ERTO - UO2	DESCRIÇÃO	POT.	ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG1	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	TAG2	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG3	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	TAG4	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG5	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	TAG6	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG7	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG8	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG9	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG10	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	TAG11	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG12	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG13	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	TAG14	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	TAG15	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.
<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	TAG16	DESCRIÇÃO	POT. ADM./EX.

Fonte: Autora (2023)